

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-248968

(43)Date of publication of application : 26.09.1995

(51)Int.Cl.

G06F 12/08

G06F 15/16

H04L 12/18

(21)Application number : 06-302541

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 06.12.1994

(72)Inventor : DANIERU BAABARA
TOOMAZU IMIERINSUKII

(30)Priority

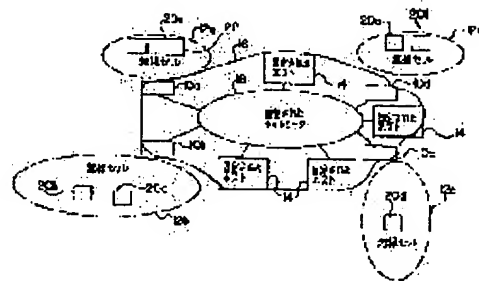
Priority number : 93 163335 Priority date : 06.12.1993 Priority country : US

(54) STATELESS CACHE MAINTAINING DEVICE/METHOD MAKING BROADCAST INVALIDATION

(57)Abstract:

PURPOSE: To decide the time when the cached data are invalidated by the result of the data storing action of another processor.

CONSTITUTION: A server stores plural data value, and a client stores the sub-sets of these data value in a cache. The server processors 10e-10d periodically broadcast the invalidation reports to the client processors 20a-20f. Each invalidation report has the information to identify the data value that is in a prescribed time set before the processors 10a-10d broadcast the invalidation reports respectively among those data value. Then the processors 20a-20f decide whether the selected data value stored in the cache memories 22 of the processors 20a-20f are updated or not by the processors 10a-10d after those data value are stored in the memories 22 based on the invalidation reports. If the data value are updated, the processors 20a-20f invalidate the selected data value stored in the memories 22.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-248968

(43) 公開日 平成7年(1995)9月26日

(51) Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 12/08	3 1 0 B	7608-5B		
15/16				
H 0 4 L 12/18		9468-5K	H 0 4 L 11/ 18	

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願平6-302541

(22) 出願日 平成6年(1994)12月6日

(31) 優先権主張番号 08/163, 335

(32) 優先日 1993年12月6日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 000005821
松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 ダニエル バーバラ
アメリカ合衆国 ニュージャージー
08540, プリンストン, ヘロンタウン ロ
ード 342

(72) 発明者 トーマズ イミエリンスキー
アメリカ合衆国 ニュージャージー
08902, ノース ブランズウィック, ウィ
ロー ブルック ドライブ 153

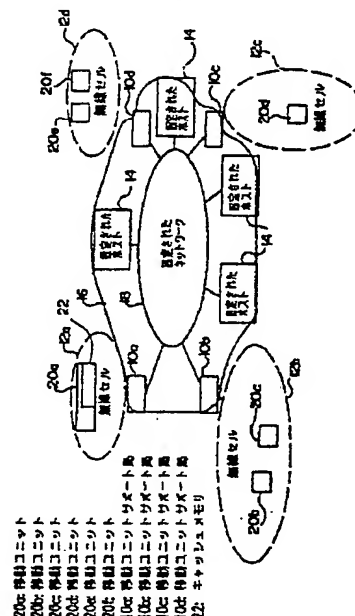
(74) 代理人 弁理士 山本 秀策

(54) 【発明の名称】 ブロードキャスト無効化によりステートレスキャッシュを維持する装置および方法

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 キャッシュされたデータが、別のプロセッサによる格納動作の結果、いつ無効にされるかを決定する。

【構成】 サーバは、複数のデータ値を格納し、クライアントは、キャッシュ内にこれらの複数のデータ値のサブセットを格納する。サーバプロセッサは、クライアントプロセッサに無効化リポートを周期的にブロードキャストする。各無効化リポートは、複数のデータ値のうち、サーバプロセッサが各無効化リポートをブロードキャストする前の所定の時間内に更新されたデータ値を識別する情報を有している。クライアントプロセッサは、この無効化リポートに基づいて、クライアントプロセッサのキャッシュメモリ内の選択されたデータ値が、この選択されたデータ値がキャッシュメモリに格納されて以後サーバプロセッサにおいて更新されたかどうかを判定する。更新されていた場合には、クライアントプロセッサは、キャッシュメモリ内の選択されたデータ値を無効化する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のデータ値を格納するサーバプロセッサと該複数のデータ値のサブセットを格納するキャッシュメモリを有するクライアントプロセッサとの間のコヒーレント性を維持する方法であって、

(a) 該サーバプロセッサから該クライアントプロセッサへ周期的無効化リポートをブロードキャストするステップであって、該無効化リポートのそれぞれは、該サーバプロセッサが各無効化リポートをブロードキャストする前の所定時間の間に更新されたデータ値を該複数のデータ値から識別する情報を含んでいる、ステップ、

(b) 該無効化リポートに基づいて、該クライアントプロセッサの該キャッシュメモリ内の選択されたデータ値が、該選択されたデータ値が該キャッシュメモリに格納されて以後、該サーバプロセッサにおいて更新されたかどうかを、該クライアントプロセッサにおいて判定するステップ、および

(c) 該選択されたデータ値が該サーバプロセッサにおいて更新されていたと該クライアントプロセッサが判定した場合には、該クライアントプロセッサの該キャッシュメモリ内の該選択されたデータ値を無効化するステップ、を包含する方法。

【請求項2】 前記所定の時間が、連続する該無効化リポートのブロードキャスト間隔の期間よりも長い請求項1に記載の方法。

【請求項3】 前記無効化リポートをブロードキャストするステップが、複数の時刻表示をリスト化するステップを包含しており、各時刻表示は、それぞれ異なるデータ値が最も最近更新された各時刻を反映している請求項2に記載の方法。

【請求項4】 前記無効化リポートをブロードキャストするステップが、複数の識別子をリスト化するステップを包含しており、各識別子は、最後の無効化リポートがブロードキャストされた後に更新された各データ値のアドレスを識別するためのものである請求項1に記載の方法。

【請求項5】 前記ステップ(a)が、前記サーバプロセッサに格納された全てのデータ値に基づいた複数の結合された記号を形成し各無効化リポートに含めるステップを包含し、

該ステップ(b)が、

(1) 前記クライアントプロセッサの前記キャッシュメモリ内の全てのデータ値に基づいた一セットの結合された記号を形成するステップと、

(2) 該クライアントによって形成された該セットの結合された記号における各結合された記号と、該無効化リポートにおける各結合された記号とを比較して、前記選択されたデータ値が該キャッシュメモリに格納されてから該サーバプロセッサにおいて更新される可能性の度合

を決定するステップと、

(3) 該可能性の度合が所定の閾値を越えているかどうかを決定するステップと、を包含する請求項1に記載の方法。

【請求項6】 (d) 前記クライアントプロセッサをオフラインにするステップ、

(e) 該クライアントプロセッサをオンライン状態に戻すステップ、および

(f) 前記キャッシュメモリ内のデータのうち、該ステップ(e)の後に該サーバプロセッサによってブロードキャストされる次の無効化リポートに基づいて該クライアントプロセッサが無効であると判定したデータを無効化するステップ、

をさらに包含する請求項1に記載の方法。

【請求項7】 (d) 前記クライアントプロセッサをオフラインにするステップ、

(e) 該クライアントプロセッサを、該クライアントプロセッサが他のサーバプロセッサと通信する位置に移動させるステップであって、該他のプロセッサは該サーバプロセッサから前記複数のデータ値のコピーを受け取るために該サーバプロセッサと通信する、ステップ、

(f) 該クライアントプロセッサをオンライン状態に戻すステップ、

(g) 該他のサーバプロセッサから無効化リポートをブロードキャストするステップ、および

(h) 前記キャッシュメモリ内のデータ値のうち、該他のサーバプロセッサによってブロードキャストされる無効化リポートに基づいて該クライアントプロセッサが無効であると判定したデータ値を無効化するステップ、

をさらに包含する請求項1に記載の方法。

【請求項8】 複数のデータ値を格納するサーバプロセッサと該複数のデータ値のサブセットを格納するキャッシュメモリを有するクライアントプロセッサとの間のコヒーレント性を維持するシステムであって、

該サーバプロセッサにおいて、該クライアントプロセッサへの周期的無効化リポートを形成しブロードキャストする手段であって、該無効化リポートのそれぞれは、該サーバプロセッサが各無効化リポートをブロードキャストする前の所定時間の間に更新されたデータ値を該複数のデータ値から識別する情報を含んでいる、手段、

該クライアントプロセッサにおいて、該無効化リポートに基づいて、該クライアントプロセッサの該キャッシュメモリ内の選択されたデータ値が、該選択されたデータ値が該キャッシュメモリに格納されて以後、該サーバプロセッサにおいて更新されたかどうかを判定する手段、および該判定手段にตอบสนองして、該選択されたデータ値が該サーバプロセッサにおいて更新されていた場合には、該キャッシュメモリ内の該選択されたデータ値を無効化する手段、を備えているシステム。

【請求項9】 前記サーバプロセッサが定位置の移動型ユニットサポート局である請求項8に記載のシステム。

【請求項10】 前記クライアントプロセッサがバームトップコンピュータである請求項9に記載のシステム。

【請求項11】 前記サーバプロセッサによって提供される前記複数のデータ値のコピーを格納するために該サーバプロセッサと通信する他のサーバプロセッサであって、クライアントプロセッサに対して無効化リポートをブロードキャストする手段を含む該他のサーバプロセッサをさらに備えており、

前記クライアントプロセッサが、
該クライアントプロセッサをオンラインにし、該クライアントプロセッサをオンライン状態に戻す手段、および該クライアントプロセッサが該オンライン状態に戻った場合に該他のプロセッサによってブロードキャストされる無効化リポートを受け取るために、該他のサーバプロセッサと該クライアントプロセッサとの間の通信を設立させる手段を備えており、

該クライアントプロセッサの前記無効化手段は、前記キャッシュメモリ内のデータ値のうち、該他のサーバプロセッサによってブロードキャストされる該無効化リポートに基づいて該クライアントプロセッサの前記判定手段が無効であると判定したデータ値を無効化する請求項8に記載のシステム。

【請求項12】 前記サーバプロセッサおよび前記他のサーバプロセッサは、定位置の移動型ユニットサポート局であり、各無効化リポートの前記クライアントプロセッサへのブロードキャストは各セル内の無線媒体を介して行われ、

該クライアントプロセッサは、該セル間で携帯可能なバームトップコンピュータである、請求項11に記載のシステム。

【請求項13】 前記サーバプロセッサおよび前記他のサーバプロセッサが連結される固定通信ネットワークをさらに包含する請求項12に記載のシステム。

【請求項14】 前記固定通信ネットワークが有線ネットワークである請求項13に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、一般にキャッシュメモリの分野に関連し、特に分散した演算環境に対するキャッシュメモリ管理戦略に関連する。

【0002】

【従来の技術】 キャッシュメモリは、処理ユニットに不可欠の構成要素としてコンピュータシステムの中に内蔵されている。一般にキャッシュはメインメモリよりもずっと小型である。その目的は、プロセッサとメモリとの間のバッファとして作用し、メインメモリをエミュレートするものであるが、キャッシュメモリのアクセス時間はメインメモリよりもずっと早い。

【0003】 マルチプロセッサシステ

ッシュ管理戦略の中には、このシステ

プロセッサに対して格納に関するコピー

提供するアルゴリズムが含まれる。コピー

ということは、ある与えられたプロセッサ

パ) により行われるあるメモリの位置に対

が、別のプロセッサ (例えばクライアント)、

メモリ位置に与えられる取り出し動作と矛盾し

になるということを暗に意味する。コピーレン

10 り、ある与えられたプロセッサの中のキャッシュデータが別のプロセッサにより行われる格納動作の結果、いつ無効になるかということを決定する手段がされる。

【0004】 例えば、アンドルーファイルシステムにおいては、それぞれのクライアントの中でどのデータがキャッシュされるかということに関する記録をサーバは維持する。典型的には、それぞれのクライアントのキャッシュの中の各データに対して有効なビットを与えることにより、コピーレンスは維持される。「クロス無効化」(XI) とは、リモートプロセッサのキャッシュの中のあるラインを無効化する、あるいは非常駐化する行為である。サーバがあるデータ値を変更する必要があるとき、サーバは、キャッシュの中に同じデータのコピーを有しうる他のすべてのプロセッサにXIメッセージをブロードキャストする。そのデータのコピーがこれらの他のキャッシュの一つに存在する場合には、そのコピーは、XIにตอบสนองして無効であるとマークされる (例えば、有効なビットはリセットされる)。すべてのコピーが無効であるとマークされた後で初めて、第一のプロセッサは目標とするデータ値を変更する。したがって、そのデータを要求すると、キャッシュミスが起こる結果となる。

【0005】 ネットワークファイルシステムにおいては、どのクライアントがそれぞれのデータに関するコピーを有しているかを示すトラックをサーバは保持する必要がない。クライアントがそれぞれのキャッシュにおけるデータにアクセスする必要がある時にはいつでも、そのデータのコピーが現行のものであることを確認するために、クライアントはサーバに問い合わせる。

40 【0006】 システムの中のすべてのプロセッサが同時にアクティブ (動的) であるとき、かつ、それらのプロセッサの間の通信経路がスタティック (静的) である時には、上記規範はうまく作用する。典型的には、そのような規範は、すべてのプロセッサが定置され、連続的に動作させられている場合である。

【0007】 無線セルラ通信およびバームトップコンピュータが市場に導入されたことにより、さまざまな新たな可能性が生み出され、新たな技術的挑戦を引き起こす。

50 【0008】

【発明が解決しようとする課題】上述したような分散した移動環境の中でデータを共有する必要性もまた、このような挑戦の一つとして課せられた課題である。固定された位置の移動ユニットサポート局および移動パームトップユニットの間でデータを共有することが望ましい。

【0009】移動無線演算環境における諸条件は、上述した定置されたマルチプロセッサシステムの静的諸条件とは異なる。移動環境においては、出力の低いパームトップマシンを備えた多数の利用者が、無線通信チャネルを通してデータベースを照会することができる。パームトップユニットはしばしば、バッテリーのエネルギーを保存するために長時間の間、出力が落とされる（オフラインにされる）。したがって、パームトップがキャッシュを備えている場合には、クロス無効化メッセージが送られてきても、移動ユニットサポート局からそのようなメッセージを受信するためにパームトップが常に利用できるというわけではない。

【0010】さらに、パームトップを用いる者は、無線ネットワークにおいて、一定のあるいは一般に知られている位置を維持できるわけではない。ある与えられたパームトップユニットは、それぞれ異なる移動ユニットサポート局とそれぞれ異なる機会に通信することもありうる。移動ユニットサポート局は、どのような機会が与えられても、どのパームトップユニットがそれぞれの無線到達領域内に位置しているかを予測できるわけではない。

【0011】移動ユニットサポート局は、互いに近接した位置に、例えば同じ建物またはキャンパス内に位置づけることはできるが、パームトップマシンはまた、従来のセルラ通信ネットワークを通して通信できると考えられる。後者の場合、通信帯域幅は限定される（例えば、一秒10〜20キロビット）。この帯域幅のために、与えられた時間の間にサーバが応答することができる照会の数にも制限が課せられる。セルラ環境においては帯域幅が限定されているために、オンライン状態に戻った後でパームトップ使用者がデータにアクセスしたい各時間に、各パームトップが移動ユニットサポート局に完全なデータベースの新しくなったものを照会することは実用的ではない。パームトップが移動性を有し、X1メッセージを受信できないことがしばしばあり、また、その通信帯域幅も限定されているために、従来の規範によりパームトップ内でデータをキャッシュすることは困難になっている。

【0012】今までに特に挙げてきたさまざまな要素のために、パームトップマシンをとまなう通信はますます複雑化する傾向にある。同時に、先行技術によるシステムの設計では、パームトップユーザにとっていくつかのアプリケーションが適用できずその使用を制限する。例えばパームトップは、クライアントからサーバに送られてきた照会の度数よりもずっと低い度数で更新された

データにアクセスするためのユーザにより使用されている。それに加えて、パームトップ中のデータが、実際は更新されている場合でも、現行のものと考えられることがあるというわずかながら知られている可能性も、パームトップのある種の用途では容認することができる（例えば、更新が頻繁でなく小さいものであるとき）。このような用途については、分散しているシステムに対する先行技術によるキャッシュ管理戦略では不十分である。

【0013】各移動ユニットのキャッシュの中のデータについてコヒーレントな視点を維持するための、改善された方法が望まれている。改善された方法によれば、移動ユニットがいかなる時もオンライン状態である必要はなく、また、移動ユニットがオンになるたびに全キャッシュをリフレッシュする必要はないのが望ましい。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の方法は、複数のデータ値を格納するサーバプロセッサと該複数のデータ値のサブセットを格納するキャッシュメモリを有するクライアントプロセッサとの間のコヒーレント性を維持する方法であって、(a) 該サーバプロセッサから該クライアントプロセッサへ周期的無効化リポートをブロードキャストするステップであって、該無効化リポートのそれぞれは、該サーバプロセッサが各無効化リポートをブロードキャストする前の所定時間の間に更新されたデータ値を該複数のデータ値から識別する情報を含んでいる、ステップ、(b) 該無効化リポートに基づいて、該クライアントプロセッサの該キャッシュメモリ内の選択されたデータ値が、該選択されたデータ値が該キャッシュメモリに格納されて以後、該サーバプロセッサにおいて更新されたかどうかを、該クライアントプロセッサにおいて判定するステップ、および(c) 該選択されたデータ値が該サーバプロセッサにおいて更新されていたと該クライアントプロセッサが判定した場合には、該クライアントプロセッサの該キャッシュメモリ内の該選択されたデータ値を無効化するステップを包含しており、そのことにより上記目的が達成される。

【0015】前記所定の時間を、連続する該無効化リポートのブロードキャスト間の期間よりも長くしてもよい。

【0016】前記無効化リポートをブロードキャストするステップが、複数の時刻表示をリスト化するステップを包含し、各時刻表示は、それぞれ異なるデータ値が最も最近更新された各時刻を反映していてもよい。

【0017】前記無効化リポートをブロードキャストするステップが、複数の識別子をリスト化するステップを包含し、各識別子は、最後の無効化リポートがブロードキャストされた後に更新された各データ値のアドレスを識別するためのものとするとしてもできる。

【0018】前記ステップ(a)が、前記サーバプロセッサに格納された全てのデータ値に基づいた複数の結合

された記号を形成し各無効化レポートに含めるステップを包含し、該ステップ(b)が、(1)前記クライアントプロセッサの前記キャッシュメモリ内の全てのデータ値に基づいた一セットの結合された記号を形成するステップと、(2)該クライアントによって形成された該セットの結合された記号における各結合された記号と、該無効化レポートにおける各結合された記号とを比較して、前記選択されたデータ値が該キャッシュメモリに格納されてから該サーバプロセッサにおいて更新される可能性の度合を決定するステップと、(3)該可能性の度合が所定の閾値を越えているかどうかを決定するステップとを包含することもできる。

【0019】(d)前記クライアントプロセッサをオフラインにするステップ、(e)該クライアントプロセッサをオンライン状態に戻すステップ、および(f)前記キャッシュメモリ内のデータのうち、該ステップ(e)の後に該サーバプロセッサによってブロードキャストされる次の無効化レポートに基づいて該クライアントプロセッサが無効であると判定したデータを無効化するステップをさらに包含してもよい。

【0020】(d)前記クライアントプロセッサをオフラインにするステップ、(e)該クライアントプロセッサを、該クライアントプロセッサが他のサーバプロセッサと通信する位置に移動させるステップであって、該他のプロセッサは該サーバプロセッサから前記複数のデータ値のコピーを受け取るために該サーバプロセッサと通信する、ステップ、(f)該クライアントプロセッサをオンライン状態に戻すステップ、(g)該他のサーバプロセッサから無効化レポートをブロードキャストするステップ、および(h)前記キャッシュメモリ内のデータ値のうち、該他のサーバプロセッサによってブロードキャストされる無効化レポートに基づいて該クライアントプロセッサが無効であると判定したデータ値を無効化するステップをさらに包含してもよい。

【0021】他の局面において本発明は、複数のデータ値を格納するサーバプロセッサと該複数のデータ値のサブセットを格納するキャッシュメモリを有するクライアントプロセッサとの間のコヒーレント性を維持するシステムであって、該サーバプロセッサにおいて、該クライアントプロセッサへの周期的無効化レポートを形成しブロードキャストする手段であって、該無効化レポートのそれぞれは、該サーバプロセッサが各無効化レポートをブロードキャストする前の所定時間の間に更新されたデータ値を該複数のデータ値から識別する情報を含んでいる、手段、該クライアントプロセッサにおいて、該無効化レポートに基づいて、該クライアントプロセッサの該キャッシュメモリ内の選択されたデータ値が、該選択されたデータ値が該キャッシュメモリに格納されて以後、該サーバプロセッサにおいて更新されたかどうかを判定する手段、および該判定手段にตอบสนองして、該選択さ

れたデータ値が該サーバプロセッサにおいて更新された場合には、該キャッシュメモリ内の該選択されたデータ値を無効化する手段を備えており、そのことにより上記目的が達成される。

【0022】前記サーバプロセッサが定位位置の移動型ユニットサポート局であってもよい。

【0023】前記クライアントプロセッサがパームトップコンピュータであってもよい。

【0024】前記サーバプロセッサによって提供される前記複数のデータ値のコピーを格納するために該サーバプロセッサと通信する他のサーバプロセッサであって、クライアントプロセッサに対して無効化レポートをブロードキャストする手段を含む該他のサーバプロセッサをさらに備えており、前記クライアントプロセッサが、該クライアントプロセッサをオフラインにし、該クライアントプロセッサをオンライン状態に戻す手段、および該クライアントプロセッサが該オンライン状態に戻った場合に該他のプロセッサによってブロードキャストされる無効化レポートを受け取るために、該他のサーバプロセッサと該クライアントプロセッサとの間の通信を設立させる手段を備えており、該クライアントプロセッサの前記無効化手段は、前記キャッシュメモリ内のデータ値のうち、該他のサーバプロセッサによってブロードキャストされる該無効化レポートに基づいて該クライアントプロセッサの前記判定手段が無効であると判定したデータ値を無効化するように構成されていてもよい。

【0025】前記サーバプロセッサおよび前記他のサーバプロセッサは、定位位置の移動型ユニットサポート局であり、各無効化レポートの前記クライアントプロセッサへのブロードキャストは各セル内の無線媒体を介して行われ、該クライアントプロセッサは、該セル間で携帯可能なパームトップコンピュータであってもよい。

【0026】前記サーバプロセッサおよび前記他のサーバプロセッサが連結される固定通信ネットワークをさらに包含してもよい。

【0027】前記固定通信ネットワークが有線ネットワークであってもよい。

【0028】

【作用】本発明は、サーバプロセッサと、キャッシュメモリを有するクライアントプロセッサとの間にコヒーレント性を維持する方法およびシステムに関する。サーバは複数のデータ値を格納し、また、クライアントは複数のデータ値のサブセットをキャッシュの中に格納する。

【0029】サーバプロセッサは、クライアントプロセッサに無効化レポートを周期的にブロードキャストする。各無効化レポートには、サーバプロセッサが各無効化レポートをブロードキャストする以前の所定の時間の間に、複数のデータ値のうち(ある場合は)どれが更新されているかを特定する情報を含んでいる。

【0030】クライアントプロセッサは、無効化レポー

トに基づいて、選択されたデータ値がキャッシュメモリの中に格納されて以来、クライアントプロセッサのキャッシュメモリの選択されたデータ値がサーバプロセッサの中で更新されているかどうかを決定する。選択されたデータ値がサーバプロセッサの中で更新されている場合には、クライアントプロセッサは、クライアントプロセッサのキャッシュメモリ中の選択されたデータ値を無効化する。

【0031】

【実施例】図1は、一つ以上のサーバプロセッサ10a ~10dに格納されているデータと、一つ以上のクライアントプロセッサ20a~20fに格納されているデータとの間にコヒーレンスを維持するための、本発明によるシステムの例を示すブロック図である。本発明は、クライアントがオフラインである時間を持ち、常に無効化メッセージを受信を用いることができるわけではない、環境において有効に用いることができる。本発明はまた、サーバ10a~10dによるデータ更新の度数がクライアント20a~20fによる照会の度数よりもずっと低い環境においても有効に用いることができる。

【0032】各サーバ10a~10dは複数のデータ値を格納する。サーバ10a~10dはすべて、データの共通のボディにアクセスすることができる。サーバ10a~10dは、例えば、財務データ、ニュース、天気、書類などの多種多様な主題におよぶデータベースを含むことができる。このようなデータは、セルラネットワークを通してパームトップコンピュータ20a~20fによりアクセスされる。

【0033】サーバ10a~10dは通信リンクを介して一つ以上のクライアントプロセッサ20a~20fに結合される。それぞれのクライアント20a~20fは、サーバ10a~10dに格納されているデータのサブセットを格納する各キャッシュメモリ22を備えている。簡略化のために、図1ではキャッシュメモリ22を一つだけクライアント20aのみに示している。残りのクライアント20b~20fのキャッシュメモリ（図示せず）もキャッシュ22と同じである。クライアント20a~20fのいずれも、それぞれのキャッシュ22中のデータのサブセットのコピーを格納できる。したがって、キャッシュ22の内容はそれぞれ異なる。

【0034】ある実施態様においては、サーバ10a~10dは固定された（即ち定常の）ネットワーク18によりお互いに接続されており、サーバ10a~10dおよびクライアント20a~20fの間の結合は無線による。本実施例のクライアント20a~20fは、例えばパームトップコンピュータなどの移動ユニット（MU）であり、サーバ10a~10dは、例えば移動ユニットサポート局（MSS）である。各MSS10a~10dは、セル12a~12dと呼ばれるそれぞれの無線到達領域内で通信する。MU20a~20fは、いずれのセ

ル12a~12dの間でも移動することができる。

【0035】図2は、本発明によるプロセスの例を示すフローチャート図である。

【0036】各サーバ10a~10dは、現在それぞれのセル12a~12d内に位置するクライアント20a~20fのいずれかに周期的無効化レポートを形成しブロードキャストするプロセスを備えている。ステップ100において、サーバは無効化レポートを周期的に形成しブロードキャストし始める。各無効化レポートは、サーバ10a~10dがその無効化レポートをブロードキャストする前に、サーバ10a~10dに格納されているどのデータ値が所定の時間間隔（以下、ウィンドウと称する）内に更新されているかを特定する情報を含んでいる。ブロードキャストの周期は、ウィンドウの長さと同じでも、異なってもよい。例えば、ウィンドウは、その期間の6から10倍であってもよい。サーバ10a~10dは、無線媒体（例えば、無線周波数）を通してレポートをブロードキャストする。サーバ10a~10dは、どのクライアントがそれぞれのセル12a~12d内に位置づけられているかというに関する記録も、各クライアント20a~20fのそれぞれのキャッシュ22の内容も維持する必要がない。

【0037】ステップ104において、各クライアント20a~20fは、そのクライアントがオンにされており、オンライン状態にある時には、無効化レポートを受信する。ステップ106において、無効化レポートに基づいて、各クライアント20a~20fは、各キャッシュメモリ22に格納されているデータのいずれかが、キャッシュ22に格納された時から、サーバ10a~10dの中で更新されたデータのコピーであるかどうかを決定する。そうである場合には、キャッシュ22中のデータのコピーは無効である。ステップ106において、クライアント20a~20fは、サーバ10a~10dにおいてどのデータが更新されているかを決定する。続いて、ステップ108において、クライアント20a~20fは、キャッシュ22においてこれらのデータが無効であるとマークする。ステップ110において、クライアント20a~20fは、要求されたデータでキャッシュ22に存在しないデータがないかどうか各サーバ10a~10dに照会する。

【0038】本発明の有効な局面によれば、クライアント20a~20fはいつでもオフラインにすることができる。例えば、クライアント20a~20fがパームトップコンピュータである場合は、クライアント20a~20fはある位置から別の位置へ（またおそらくはあるセル12a~12dの中の1つから別のセルへ）操作者により運ばれうる。パームトップコンピュータは常に必要とされるわけではない。パームトップコンピュータが必要とされない場合には（ステップ112）、ステップ114においてバッテリーの電力を保存するためにオフ

ラインにすることができる。

【0039】ステップ116～120において、クライアント20a～20fは、オンライン状態に戻った後で受信した無効化レポートにตอบสนองしてそのキャッシュを更新することができる。ただし、クライアント20a～20fがオフラインである時には、クライアント20a～20fは無効化レポートのいくつかを受信しそこなうこともある。無効化レポートは、クライアント20a～20fがウィンドウ時間中に無効化されたすべてのデータを決定できるようにするだけの「累積の」情報を含む。このことは、ステップ120においてオフライン時間がウィンドウ時間を越えないかぎり達成できる。ステップ120においてオフライン時間がウィンドウ時間を越える場合には、ステップ122においてキャッシュの中のすべての項目は無効化される。

【0040】無効化レポートがデータは無効でないとし、かつ、クライアントがウィンドウよりも長い時間の間オフラインにされていない場合には、そのクライアントのキャッシュ22の中では、無効化レポートがブロードキャストされている間についてはそのクライアントにより有効であると推定される。これらのクライアント20a～20fがこのレポートを待っている時には、ある待ち時間がその照会プロセスの中に導入されることに注意されたい。レポートとレポートの間には、データはサーバ10a～10dにおいて更新されうる。また、クライアント20a～20fは、次のレポートがブロードキャストされるまで通知されない。したがって、有効化レポートと有効化レポートの間の周期は、更新度数に対して十分に短くなるように設定されるので、その結果、レポートとレポートとの間に「失効した」データを用いる危険性は十分な安全なレベルにまで減らすことができる。

【0041】図2に示す方法は、各クライアント20a～20fが、データに対する要求の後にそのキャッシュをリフレッシュするのに必要な照会の数を減らすことができる。照会の数を減らすことにより、サーバ10a～10dおよびクライアント20a～20fの間のトラフィックローディングは低減され、かつ、より多数のクライアント20a～20fを利用する、またはサーバ10a～10dにおいてより大きなデータベースを操作するのが可能になる。

【0042】本発明の別の局面によれば、クライアント20a～20fは、サーバ10a～10dの各セル12a～12d内に位置する時、これらのサーバ10a～10dのいずれからでも無効化レポートを受け入れることができる。オンライン状態に戻るとすぐに、クライアント20a～20fは最も近いサーバ10a～10dによりブロードキャストされた次の無効化レポートを受け入れ、その無効化レポートに基づいてキャッシュ22の中のどのデータが無効であるかを決定し、クライアント20a～20fが無効であると決定したキャッシュ22中

のどのデータも無効化する。

【0043】本発明はまた、例えばスーパーマーケットなどの小売り店で適用できる。消費者は携帯用の装置をその店の中全体で持ち運ぶことができる。これらの携帯用装置には、商品のラベルを読み出すスキャナ（例えば、光学スキャナあるいは磁気スキャナ）を備え付けることができる。これらの装置は、商品のラベルを読み出し、価格に関してサーバに照会し、かつその価格をキャッシュに格納する。消費者は、格納された価格を用いて注文した商品のコストの合計を計算することができる。これは照会集約環境の一例であり、サーバは与えられた価格を一日に一回または週に一回更新できるにすぎないが、クライアントはサーバに対して一時間に何回でも照会することができる。

【0044】本発明は多くの異なる方法により実施することができる。以下に述べる実施態様もそれに含まれるが、それらに限定されるわけではない。無効化レポートの内容と度数、およびレポート受信時のクライアントプロセッサの応答は、環境の種類に基づいて選択される。特定の戦略を選択する目的は、ある与えられた時間間隔内のクライアントプロセッサからの照会の数を、その間隔内にサーバにより満たされうる最大の照会数を下回るように制限することである。その戦略を決定する際に考慮される特定の要因には、データに対する更新の度数、照会の度数、および各クライアントがオンライン状態にある断片的時間が含まれる。

【0045】想定される一方の極端な状況は、照会に対する更新が非常に頻繁である環境である。このような状況においては、キャッシュのコヒーレンスを維持する方法に関わらず、キャッシュヒット比は極めて低いことが予想できる。このような環境においては、各クライアントの中にキャッシュを用いることは有効ではない可能性がある。即ち、キャッシュがクライアントの構造の中に含まれているかいないかに関わらず、性能はほとんど変わらない可能性がある。本発明は、想定されるもう一方の極端な状況のとき（更新が頻繁ではなくデータに対する要求が頻繁で、その結果キャッシュヒット比が高い時）最も有効である。

【0046】無効化レポートの内容を決定するための、前記戦略に代わって用いられる戦略を以下に述べる。それぞれの戦略を用いれば、それぞれ異なる環境においてシステムは性能（ある時間単位毎にサーバ10aが応答する照会数により規定される）をよりよく発揮させることができる。これから述べる各戦略に関して、その戦略に見合った環境を以下に記す。

【0047】クライアントプロセッサ20a～20fがすべての、あるいはほとんどすべての時間の間オンラインである時（言い換えれば、オンラインである時間がオフラインである時間の数倍長い場合）、本発明の第一の実施態様は最も大きなスループットを提供できるという

13

ことを発明者たちは決定した。この実施態様は、本明細書では「ブロードキャスティングアドレス」と称し、図3および図4に示している。この実施態様においては、サーバ10a~10dは、最後の無効化リポートがブロードキャストされて以来、更新されているそれぞれのデータのアドレスのリストを格納する。クライアント20a~20fはこのリストの項目を無効化する。クライアント20aは、以下に詳細に説明するように、一つ以上のリポートを受信しそこなっている場合には、キャッシュ22の中の各データを無効化する。

【0048】図3は、無効化リポートを生成しブロードキャストするためにサーバ10aにより行われるプロセスを示すフローチャート図である。ステップ200において、更新されたデータはクリアされる。ステップ201および202において、クライアント20a~20fにより共有されているサーバ10a中の各データが検査されて、そのデータが最後の無効化リポート以来更新されているかどうか決定される。ステップ204において、ある項目が更新されている場合には、そのデータのアドレスがリストに追加される。ステップ206において、各データが検査された後で、このリポートはクライアントにブロードキャストされる。このリポートのみがアドレスのリストを備えている。この方法を用いれば、結果的に無効化リポートは非常に短くなる。このため、無効化リポートを伝えるのに用いられる利用可能な帯域幅の部分(fraction)を最小限にとどめ、サーバがより多くの照会に対する応答をブロードキャストすることを可能にする。

【0049】図4は、図3に示したプロセスにより生成された無効化リポートをクライアント20aが受信するとき、クライアント20aにより行われるプロセスを示すフローチャート図である。ステップ210において、クライアントがオンラインである時には、連続的に、または一定期間のオフライン状態の後で、プロセスが開始される。ステップ212において、クライアント20aは、サーバ10aからブロードキャストされた次の無効化リポートを受信する。続いて、ステップ214において、このクライアントは、最後のリポートがこのクライアントにより受け取られた時間に基づいて、受信しそこなったリポートがないかどうかを決定する。これらのリポートの周期は、クライアントに知られている所定の時間間隔である(あるいは、これらのリポートの周期、または先行する最後のリポートの時間を一項目としてリポート中に含めてもよい)。このようにして、クライアント20aは、サーバ10aから送信されたか、クライアント20aにより受信されていないリポートがないかどうかを決定する。

【0050】本発明の第一の実施態様においては、一つ以上のリポートがステップ214において受信しそこなわれているとクライアントが決定する場合には、キャッ

14

シュ22の中への各入力ステップ226において無効化される。ステップ216~220は、クライアントがステップ214において一つのリポートも受信しそこなっていない場合には、キャッシュの中の各有効データについて反復される。ステップ218において、キャッシュ22の中の各データについて、無効化リポートが検査され、そのデータのアドレスがリポートの中にあるかどうか決定される。ステップ218において、そのデータのアドレスがリポート中にある場合には、そのデータはステップ220において無効であるとマークされる。ステップ216~220が行われた後でキャッシュの中に残っている項目は、有効であると推定される。ステップ222において、そのリポートが既に実行されていたとき、クライアント20aはサーバに対して、必要でありながらキャッシュの中に常駐していないデータの現在の値を照会する。ステップ224において、クライアントの作業が完了すると、クライアント20aの出力が落とされてオフライン状態にされる。

【0051】ブロードキャスティングアドレスにより作成された無効化リポートは(図3および図4に示すように)、このリポートの中にリストされている各項目に対する時刻表示情報を全く含んでいない。リポートとリポートとの間に、継続的にオンライン状態にあるクライアント20a~20fは、最も最近に受信したリポートの中にリストされていないキャッシュ中のどのデータもまだ有効であると推定する。リポートの中にいくつかのアドレスがリストされている場合には、リストされているアドレスに格納されているデータはすべて先行する最後のリポートの直後に更新されたクライアント20a~20fは仮定する。これは、クライアント20aがデータを無効なものとして誤診し、照会率が増加する原因となる。

【0052】例えば、以下の事象がこのような順番で発生する場合を考えてみよう。(1)サーバ10aが時刻T0においてリポートをブロードキャストし、時刻T1においてデータを更新する。(2)クライアント20aがオンライン状態に戻り、時刻T2においてサーバに対し同一のデータについて照会する。(3)時刻T3においてサーバがその照会に応答し、時刻T4において次の無効化リポートを発する。時刻T3においてクライアント20aはデータの更新された値を受信するが、時刻T4において無効化リポートを受信するとすぐに、そのデータが時刻T4直前に更新されたクライアントは仮定する。クライアントは、時刻T3において受信したデータのコピーを無効であると誤って診断する。

【0053】クライアント20a~20fがほとんどすべての時間オンライン状態である場合には、上記状況はめったに発生しない。さらに第一の実施例による方法、即ちブロードキャスティングアドレスは、各データに対してアドレスしか必要としないために、無効化リポートが

10

20

30

40

50

比較的小規模でありうるという利点を有する。したがって、ブロードキャスティングアドレスは継続的、あるいは継続的なクライアント動作を行うには好ましい方法でありうる。

【0054】第一の実施例による方法は、ある時間単位*

$$T = \frac{L * W - c * b_c}{(b_q + b_a)(1 - h_{at})} \quad (1)$$

*毎にサーバにより応答される照会の面がルートツプが以下の式(1)および(2)れうと、発明者たちは決定した。

【0055】

【数1】

$$h_{at} = \frac{(1 - p_0)u_0}{1 - q_0 u_0} \quad (2)$$

ここで、T＝一秒毎の応答のスループット

L＝無効化リポート間の周期

W＝サーバクライアントリンクの帯域幅

$c = n \{1 - \exp(-\mu L)\}$ ：周期毎の予想更新数

$b_c = \log(n)$ ：更新されたデータ毎にリポートに付加されるバイト数

n＝サーバにおけるデータ数

b_a ＝照会毎のバイト数

b_r ＝照会に対する回答毎のバイト数

h_{at} ＝ヒット比

λ ＝一秒毎の照会数

q_0 ＝長さLの間隔においてオンラインであり、照会を有さない確率

ここで、 $q_0 = (1 - s) \exp(-\lambda L)$

s＝長さ(L)の間隔中に接続の断たれる確率

p_0 ＝長さ(L＝s＋ q_0)の間隔中に照会のない確率

u_0 ＝長さ(L＝ $c \exp(-\mu L)$)の間隔中に更新のない確率

μ ＝一秒毎、データ毎の変化数

【0056】以下「ブロードキャスティング時刻表示」と称する本発明の第二の実施態様によれば、照会集約環境においてよりよいスループットが提供できると発明者らは決定した。この環境においては、照会は更新よりも数オーダー（例えば7倍以上）大きい頻度で行われ、クライアントプロセッサ20a～20fは実質的にある部分の時間の間（ただし、実質的にすべての時間ではない）オンライン状態である。この実施態様は、図5および図※50

※6に示されている。この実施態様においては、以下に詳細に説明するように、それぞれのデータが最後に更新された時間を特定する時刻表示を、サーバ10a～10dも、クライアント20a～20fも格納する。

【0057】図5は、ブロードキャスティング時刻表示法を示すフローチャート図である。サーバ10aは、それ以外のサーバ10b～10dおよびクライアント20a～20fにより共有される共通のデータの中に含まれる

17

それぞれのデータに対する各時刻表示を格納する。各時刻表示は、それぞれのデータが最も最近に更新された時間を特定する。ステップ150において、サーバ10aは、各データに対してステップ152を反復する。ステップ152において、サーバ10aはデータの時刻表示を検査し、ステップ152の実行に先立つ所定の時間ウィンドウ内でそのデータが更新されたかどうかを決定する。ウィンドウ内にそのデータが更新されていた場合には、ステップ156においてそのデータのアドレスおよびデータの時刻表示が現在準備されている無効化リポートに追加される。(正しい場合には)ステップ152および156が各データについて反復された後で、ステップ154においてサーバ10aは、現在の時間に合わせて無効化リポート中のリポート時刻表示を設定し、各セル12a内のすべてのクライアント20aに対してそのリポートをブロードキャストする。

【0058】図6は、図5のプロセスにより作成された無効化リポートをプロセスするためにクライアント20a~20fにより行われるステップを示すフローチャート図である。ステップ158において、クライアント20aがオンラインにされ、プロセスが開始される。クライアント20aは、この時間に先だって継続的に動作していた可能性もあるし、ちょうどオンライン状態に戻ったばかりの可能性もある。ステップ160において、サーバ10aによりブロードキャストされた次の無効化リポートが受信される。

【0059】ステップ162~166および172~174は、正しい場合には、クライアント20aのキャッシュ22中の各データについて反復される。ステップ164において、クライアント20aは、そのデータのアドレスが無効化リポートの中にリストされているかどうかを決定する。リストされている場合には、ステップ166において、そのデータはキャッシュ22の中に無効であるとしてマークされる。そのデータがリポートの中にリストされていない場合には、ステップ172において、キャッシュの中に格納され、そのデータのアドレスに関連する各時刻表示が検査されて、その時刻表示(即ち、リポートがクライアントにより最後に受信された時間)がそのリポートの直前の時間のウィンドウ内にある

18

かどうか決定される。そうでない場合には、そのクライアントはそのウィンドウ内のどのリポートもプロセスしていない(例えば、そのクライアントがオフラインであったとか、サーバがリポートを発しそこねたとか、通信エラーがあったなどの理由が考えられる)ため、そのデータは無効であると推定される。この場合、ステップ166において、そのデータはキャッシュ22内で無効であるとマークされる。

【0060】ステップ172において、そのデータの時刻表示がリポートの時刻表示に先立つウィンドウ内にある場合には、そのデータは有効であると推定される。なぜなら、サーバ10aは、そのウィンドウ内に発生したすべての更新の時刻表示をリポート中に含んでいるからである。この場合、ステップ174において、そのデータの時刻表示は、リポートの時刻表示に変更される。

【0061】上記ステップがキャッシュ内の各データについて行われた場合には、ステップ168において、クライアント20aは、クライアント20aにより必要とされているが、キャッシュ22の中には常駐していないどのようなデータについても、その現在の値についてサーバに照会する。それらの照会が完了すると、ステップ170においてクライアント20aをオフにすることができる。

【0062】ウィンドウを備えることにより、いくつかの機能を果たすことができる。無効化リポートの中でサーバが更新を行わなければならない最も早い時間を制限することにより、そのリポートの長さは短くなり、その結果、リポートを伝える際にはより小さい帯域幅を用いることができる。したがって、照会に応答するのに、帯域幅のより大きな部分を利用することができる。更新されたすべてのデータのアドレスおよび時刻表示を維持するサーバ10a内の待ち行列の長さも短くすることができる。

【0063】第二の実施例による方法は、ある時間単位毎にサーバにより応答される照会の面から考えると、以下の式(3)および(4)により近似されうると、発明者たちは決定した。

【0064】

【数2】

$$T = \frac{L * W - n_w(\log(n) + b_T)}{(b_q + b_a)(1 - h_{ts})} \quad (3)$$

$$h_{ts} = \frac{(1 - p_o)u_o}{1 - p_o u_o} - \frac{(1 - p_o)u_o^{k+1} s^k}{1 - q_o u_o} \quad (4)$$

ここで、T＝一秒毎の応答のスループット

L＝無効化リポート間の周期

W＝サーバクライアントリンクの帯域幅

$\omega = kL$ ：一秒数でのウィンドウのサイズ（ここでkは整数）

$n_w = n \{1 - \exp(-\mu\omega)\}$ ：ウィンドウ毎の予想更新数

b_T ＝時刻表示毎のバイト数

n＝サーバ内のデータ数

b_o ＝照会毎のバイト数

b_a ＝照会に対する回答毎のバイト数

h_{ts} ＝時刻表示を用いたヒット比

μ ＝一秒毎、データ毎の変化数

s＝長さLの間隔中に接続の断たれる確率

p_o ＝長さ（ $L = s + q_o$ ）の間隔中に照会のない確率

u_o ＝長さ（ $L = \exp(-\mu L)$ ）の間隔中に更新のない確率

【0065】このブロードキャスティング時刻表示法は、サーバ10a～10dおよびクライアント20a～20fに格納されているデータの内容および型に関わりなく、広く用いることができる。このことは、複数のプロセッサ間にそれぞれ異なるタイプのデータを含んでいる多数のそれぞれ異なるデータベースを共有するシステムについて有効である。ごく限られた数のデータの型しか存在しないようなある種の環境においては、無効化リポートを特定の型のデータを処理するように適合させることが有効である。無効化リポートを特定の型のデータに適合させれば、無効化リポートを圧縮することができる。

【0066】ブロードキャスティング時刻表示に対してデータの圧縮を用いるのは、例えば、クライアントプロセッサがその店の在庫商品のサブセットの価格を格納するような、上述した小売店の環境が挙げられる。これらの商品を予め規定した一組のカテゴリに割り当てることができる（例えば、肉、缶詰商品、清掃用品、日用用*50

*品など）。この無効化リポートは、あるカテゴリのすべての製品（例えば、すべての肉製品）の価格がある与えられた時に更新されたことを表示するように設定されているフラグを備えることができる。各時刻表示およびそれぞれの製品のアドレスをブロードキャストする必要はない。フラグが設定されている無効化リポートを受信するとすぐに、クライアント20aは、そのフラグにより表示されたカテゴリ内のすべてのデータを無効化する。このことは、あるカテゴリの大半またはすべての製品が同時に更新されそうな環境で有効である。

【0067】データの圧縮を行えば、無効化リポートの大きさを小さくすることができる。サーバが無効化リポートをブロードキャストしているか、またはほとんどの時間の間照会に回答する場合は、リポートを短縮化することによりサーバがより多くの照会に回答するのが可能になる。このシステムの複数のプロセッサの間で共有されているデータの種類次第で、多種多様なデータ圧縮法を用いることができることは当業者であれば理解できよ

う。

【0068】クライアント20a~20fがほとんどの時間の間オフラインである時には、本発明による第三の実施例の方法によれば、よりよいスループットが提供できることと発明者たちは考える。この第三の方法によれば、照会の度数が更新の度数よりも2、3オーダー大きい時には、よりよいスループットを提供できる。以下「ブロードキャスティング記号（シグナチャ）」と称するこの第三の方法には、サーバ10aの内容に基づく記号の第一の集合と、クライアント20aのキャッシュ22の内容に基づく記号の第二の集合との間の比較が含まれる。この方法を図7および図8に示す。無効化リポートは、サーバ10aの現在の状態に関する情報を提供する。

【0069】図7は、無効化リポートを作成するために、サーバにより行われるプロセスを示すフローチャート図である。記号は、サーバ中のデータのさまざまな値を通して計算された検査合計である。ステップ250および252において、サーバ中のデータはページに分割され、各ページについて記号が計算され、それぞれのページ記号からなる完全な集合が形成される。ステップ254~258において、結合された記号が形成される。ステップ256において、各記号からなるサブセットが結合されて、各記号からなるサブセットの排他的論理和（XOR）を形成することにより、結合された記号が形成される。ステップ258において、結合された記号がリポートに追加される。ステップ256~258を反復することによって、それぞれ異なる複数のサブセット（各サブセットは、ページのそれぞれ異なるサブセットからの各記号を備えている）はこのようにして結合され、複数の結合された記号を形成する。ステップ260において、このリポートはクライアント20a~20fにブロードキャストされる。

【0070】図8は、クライアント20a~20fにより行われる記号処理を示すフローチャート図である。ステップ280において、クライアント20aは、サーバ10aから無効化リポートを受信する。クライアント20a~20fは、典型的には、キャッシュ22の中のサーバのすべてのデータのコピーを備えているわけではない。サーバ10aの中のページからなるいくつかのサブセットが各キャッシュにコピーされているだけである。ステップ282~290は、キャッシュ22の中に格納されているサーバのページからなる各サブセット（結合された各記号に対応する各サブセット）について反復される。ステップ284において、クライアント20aはステップ250~256に類似したプロセスを行う（図7に示すように、サーバ10aにより行われる）。クライアント20aは、キャッシュ22の中の各ページについてそれぞれ記号を計算し、結合された記号を（それぞれの記号からなるサブセットの排他的論理和として）形

成する。クライアント20aは、クライアント20aにより用いられるデータのサブセットに対する結合された記号を計算するだけである。

【0071】サーバにより無効化リポートの中にブロードキャストされる結合された記号の構成は静的に規定されるので、その結果、各クライアントはリポートの形式を認識し、各クライアントは、そのキャッシュ22の中にコピーされたページに関連するこれらの結合された記号を特定できる。ステップ286において、クライアント20aはその結合された記号を、無効化リポートの中に受信された結合された記号と比較する。D. BarbaraおよびR.J.Liptonによる論文“A Class of Randomized Strategies for Low-Cost Comparison of File Copies”（IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, Vol. 2, No.2, 160-170頁, 1991年）は、本願もデータ比較のために結合された記号を生成する技術に関するその教示に関して参考として取り入れている。

【0072】ステップ286において、リポートの中の結合された記号がキャッシュ22の中の結合された記号のそれぞれと等しい場合には、結合された記号によりカバーされている一つ以上の項目が互いに異なる（キャッシュのデータは無効）が同じ記号を有する可能性は、およそ2^{-s}である。ここで、sは結合された記号の中のビット数である。したがって、無効化リポートに 대응してある項目がキャッシュ22の中で無効化されえない可能性が知られている。結合された記号に対して適切なビット数を選択することにより、この可能性を望ましい値にまで制限することが可能である。

【0073】ステップ286において、リポートの中の結合された記号がキャッシュ22の中のそれに対応する結合された記号と異なる場合には、結合された記号によりカバーされる一つ以上のデータがサーバ10aの中で更新されている。キャッシュの中のどのデータが実際に無効であるかを検出するために、それぞれ異なるいくつかの記号（それぞれ、サーバの中のデータの異なるサブセットを表している）がそのリポートの中に含まれている。キャッシュの中の各ページは、サーバの中のページのそれぞれ異なるいくつかのサブセットの中に含まれる。したがって、各ページは結合されたいくつかの記号によりカバーされる。ステップ288および290は、整合していないいくつかの結合された記号により各ページにおいて表される各データに対して反復される。ステップ290において、結合された記号により表される各データに対するカウンタは増分されている。

【0074】ステップ282および290がキャッシュの中の複数のページからなる各サブセットに対して反復されている時には、ステップ292~296がキャッシュの中の各データについて反復される。それぞれのデータに関連する整合していない結合された記号の数は、そのデータに対する各カウンタの値により決定される。ス

23

ステップ294において、あるデータに対する整合していない記号の数が所定のしきい値レベルを超える場合には、ステップ296においてそのデータは無効であると決定され、無効とマークされる。キャッシュの中の各データに対してステップ292～296が反復されている場合には、ステップ298においてクライアント20aは、要求されていながらキャッシュ22の中に常駐していないデータがないかどうか、サーバ10aに照会することができる。

【0075】上述したように、キャッシュのあるページ10 中のそれぞれのデータに対する各カウンタはすべて同一の値を有するが、実際にはたった一つのデータしか更新されていない。このことは、あるデータが更新されると、その更新されたデータと同一のページにある他のすべてのデータが、そのためにクライアント20aのキャッシュ22の中で無効化されるということを意味する。ページの大きさ（一ページ毎の単一のデータでさえも）は、任意に小さくすることができ、このようにして不必要に無効化されたデータの数を最小限にとめることができる。トレードオフとは、ページの大きさが小さくなると、ページの数が増大していくことである。

【0076】ブロードキャスティング記号という状態に基づく方法は、両者ともに履歴に基づく（即ち、トランザクションに基づく）ブロードキャスティングアドレス（図3および図4）およびブロードキャスティング時刻表示（図5および図6）の二つの方法と異なる。記号を含有する各無効化リポートはサーバ10aの中のすべてのデータに関する情報を提供するので、クライアント20aは、たとえいくつかの無効化リポートを受信しそこなった後でオンライン状態に戻っていても、そのキャッシュ22の中の各データが無効であるかどうかを決定することができる。

24

【0077】ブロードキャスティング記号法は、ブロードキャスティング時刻表示の場合のようにオフライン時間が所定の「ウィンドウ」を超えても、クライアント20aは、キャッシュ22の中のすべての項目を無効化する必要はなくなる（この意味で、ブロードキャスティング記号法は、無限の持続時間を有するウィンドウが用いられているかのように機能する）。したがって、ブロードキャスティング記号法を用いることにより、実質的にある部分の時間の間クライアントがオフラインであるような環境においてよりよいスループットを提供することができる。その上、更新/照会比はあまり高くない（例えば、1,000対1）ので、ブロードキャスティング時刻表示に対するリポートの平均の大きさは、より多くの項目が無効化されるにつれてより大きくなり、その結果この方法によればスループットは低下する。この要因のために、照会の度数が更新の度数よりも数オーダー大きくない場合には、ブロードキャスティング記号法は有効に用いることができる。

【0078】本実施態様においては、ランダムに（記号の交換が全く発生しないうちに、先験的に）選ばれたm個のデータ集合が存在する。各集合のメンバは、データが各集合に含まれる $1/(1+f)$ の確率（ここで、fはそれぞれ異なるページの総数である）を持つようにランダムに選ばれる。

【0079】本発明の発明者は、単位時間あたりのサーバによって応答される照会の点から、本発明の第三の実施例によるブロードキャスティング記号法に対するスループットは以下の式（5）から式（8）によって特徴付けられることを決定した。

【0080】

【数3】

$$T = \frac{L * W - 6 * s * (f + 1) [\ln(\frac{1}{\delta}) + \ln(n)]}{(b_q + b_a)(1 - h_{sig})} \quad (5)$$

$$m \geq 6 * (f + 1) * [\ln(\frac{1}{\delta}) + \ln(n)] \quad (6)$$

$$h_{sig} = [1 - p(N_s)] * \frac{(1 - p_o)u_o}{(1 - p_o u_o)} \quad (7)$$

$$p(N_s) = \frac{1}{1 + f} * (1 - \frac{1}{e}) \quad (8)$$

ここで、T＝一秒毎の応答のスループット

L＝無効化リポート間の周期

W＝サーバクライアントリンクの帯域幅

s＝結合された記号におけるビットの数

f＝異なるページの数

δ＝キャッシュ内の有効データが誤って調査分析される閾値最大確率

n＝サーバ内のデータの数

b_a＝照会あたりのバイト数

b_s＝照会に対する回答毎のバイト数

h_{sig}＝時刻表示を用いたヒット比

m＝無効化リポートにおける結合された記号の数

p(N_s)＝非適合記号によって表されている有効データの確率

μ＝一秒毎のデータ毎の変化

p_o＝長さ(L＝s＋q_o)の間隔中に照会のない確率

u_o＝長さ(L＝exp(−μL))の間隔中に更新のない確率

【0081】ブロードキャスティング記号法は、サーバ10aのデータとクライアント20aのデータとの間の差が比較的ほとんどない場合にはさらに有効である。この状態は、クライアントがオフラインにかかる平均時間に更新の度数を乗算した積があまり大きくない場合に存在する。

【0082】しかしながら、多くの異なるページ間に分散する多数の更新されたデータがある場合には、これらの更新されたデータは結合された記号の大きな部分に影響し得る。これは、各サブセットに対して結合された記号を形成するために、各ページを多数のサブセットにラ*50

40*ンダムに割り当てる方法によるものである。この場合、非常に多くの結合された記号において反映される多数のページ内のデータの違いを用いて、クライアントのキャッシュ内の多くのデータが無効化され得る。

【0083】移動式無線演算環境においては、ブロードキャスティング記号法は、ブロードキャスティングアドレスまたはブロードキャスティング時刻表示よりも良好なスループットを提供することができる。なぜなら、バッテリー容量が制限され、セルラ通信リンクにわたって長いセッションを維持するにはコストがかかるので、パーソナルコンピュータをできる限りオフラインに保つことが有

27

利であるからである。さらに、照会率が数オーダーだけ更新率を越えるような場合には、ブロードキャストング記号は、ブロードキャストング時刻表示よりも良好なスループットを提供することができる。

【0084】本明細書に記載される実施例の多くの変形例も考慮されることは当業者には理解される。本発明は例示的な実施例の点から説明したが、本発明が特許請求の範囲に記載される精神および範囲内の改変例を用いて上述した概略に沿って実施され得ることはもちろんである。

【0085】

【発明の効果】本発明は、上述したように構成されるので、どのクライアントプロセッサがそれぞれのセル内に位置づけられているかということに関する記録も、各クライアントプロセッサのそれぞれのキャッシュの内容も、サーバプロセッサが維持する必要はない。

【0086】本発明の有効な局面によれば、サーバプロセッサにおいてデータ値が更新されたかどうかを、クライアントプロセッサにおいて判定することができるので、クライアントプロセッサをいつでもオフラインにすることができ

【0087】本発明の装置および方法によれば、無効化リポートに基づいて、クライアントプロセッサのキャッシュメモリ内の選択されたデータ値を無効化することができるので、クライアントプロセッサが、データに対する要求の後にそのキャッシュをリフレッシュするのに必要な照会の数を減らすことができる。照会の数を減らすことにより、サーバプロセッサおよびクライアントプロセッサの間のトラフィックローディングは低減され、より多数のクライアントプロセッサを利用すること、またはサーバプロセッサにおいてより大きなデータベースを操作することが可能となる。

【0088】本発明の装置は最後の無効化リポートがブロードキャストされた後に更新された各データ値のアドレスを識別することにより、無効化リポートを非常に短くすることができる。このため、無効化リポートを伝えるのに用いられる利用可能な帯域幅の部分を最小限にとどめることができ、サーバプロセッサがより多くの照会に対する応答をブロードキャストすることが可能になる。

28

【0089】記号を含有する各無効化リポートはクライアントプロセッサの中

【0090】本発明のブロードキャストング記号法を用いることにより、ある時間の間クライアントプロセッサがオフラインであるような環境においても、よりよいスループットを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるシステムの例を示すブロック図である。

【図2】図1のシステムにおいてキャッシュコヒーレンスを維持する方法を示すフローチャート図である。

【図3】図1に示す無効化リポートを形成しブロードキャストする方法の例を示す詳細フローチャート図である。

【図4】図3に示す方法により作成された無効化リポートを処理する方法の例を示すフローチャート図である。

【図5】図1に示す無効化リポートを形成しブロードキャストする方法の第二の例を示す詳細フローチャート図である。

【図6】図5に示す方法により作成された無効化リポートを処理する方法の例を示すフローチャート図である。

【図7】図1に示す無効化リポートを形成しブロードキャストする方法の第三の例を示す詳細フローチャート図である。

【図8】図7に示す方法により作成された無効化リポートを処理する方法の例を示すフローチャート図である。

【符号の説明】

10a、10b、10c、及び10d サーバプロセッサ

12a、12b、12c、及び12d セル

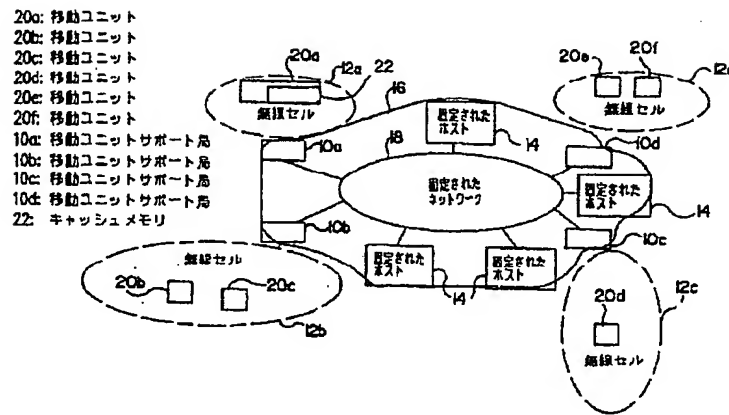
14 ホスト

18 ネットワーク

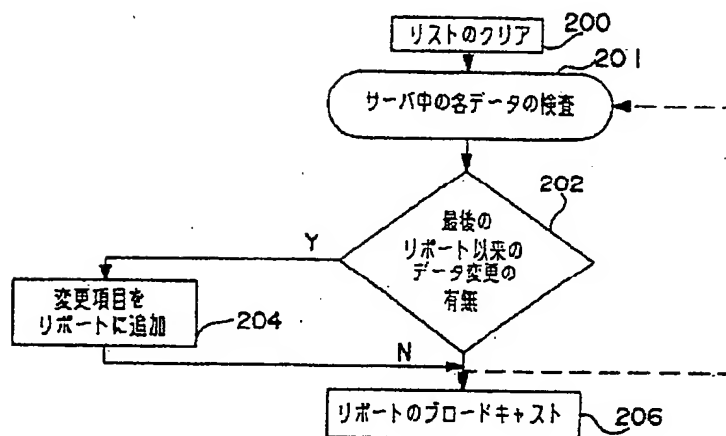
20a、20b、20c、20d、20e、及び20f
クライアントプロセッサ

22 キャッシュ

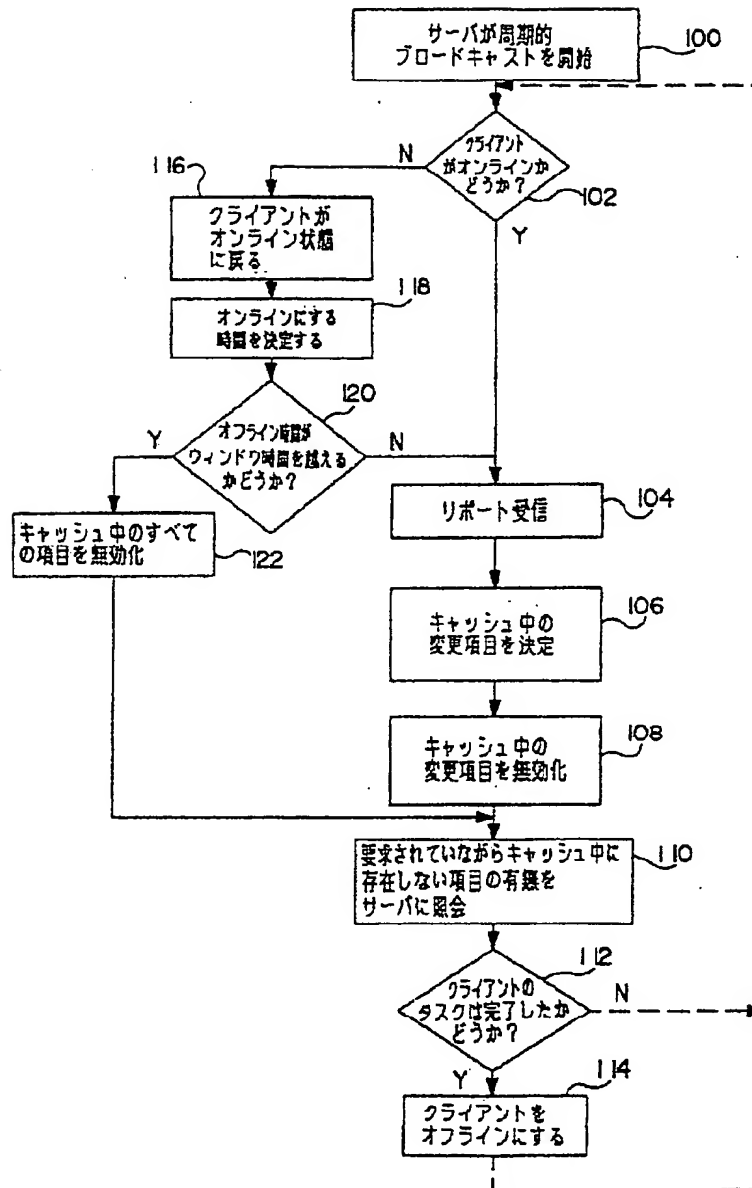
【図1】



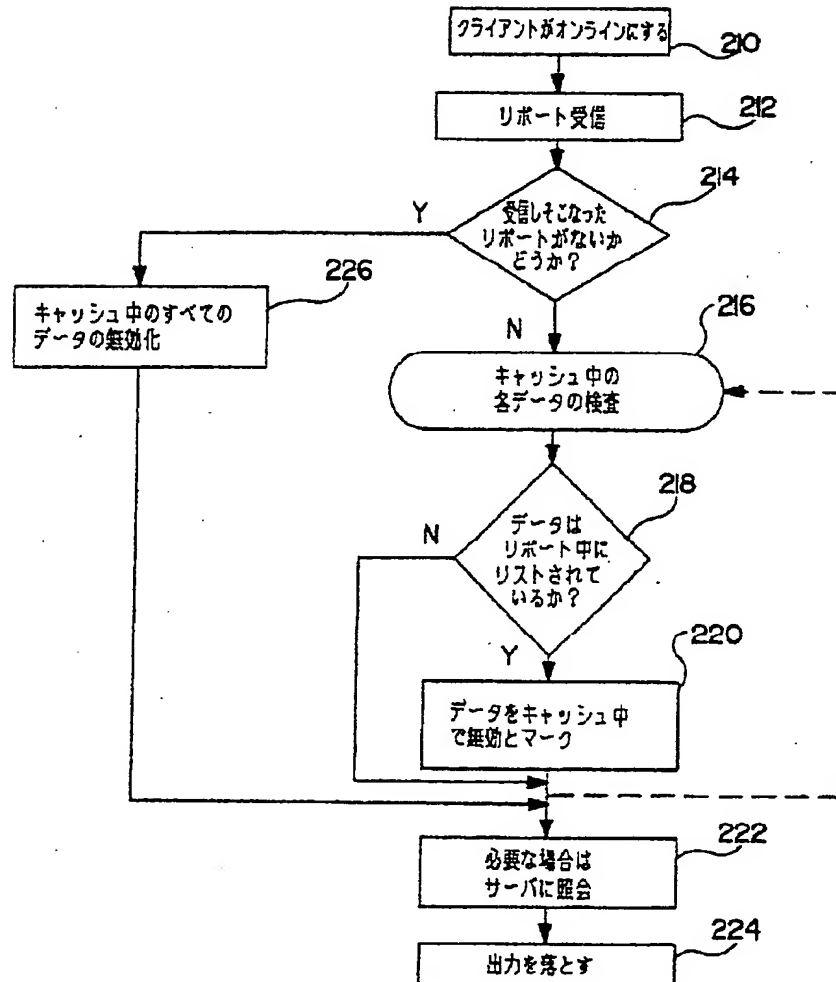
【図3】



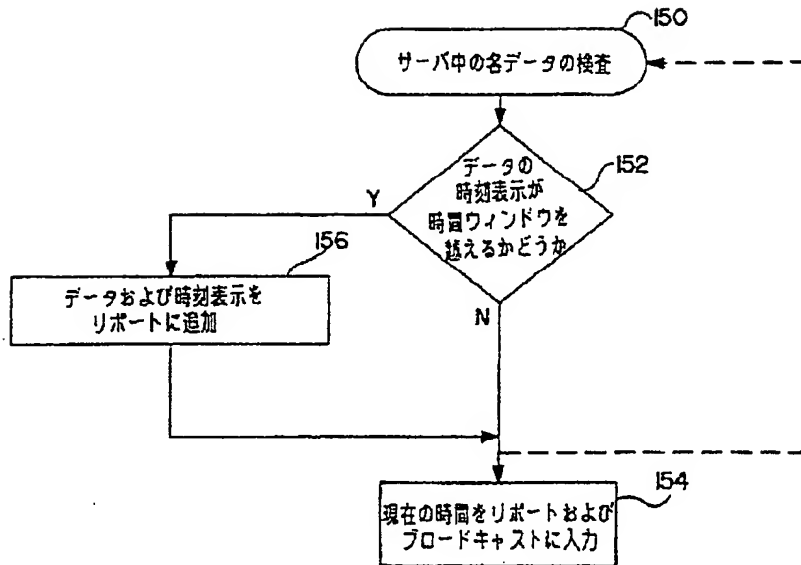
【図2】



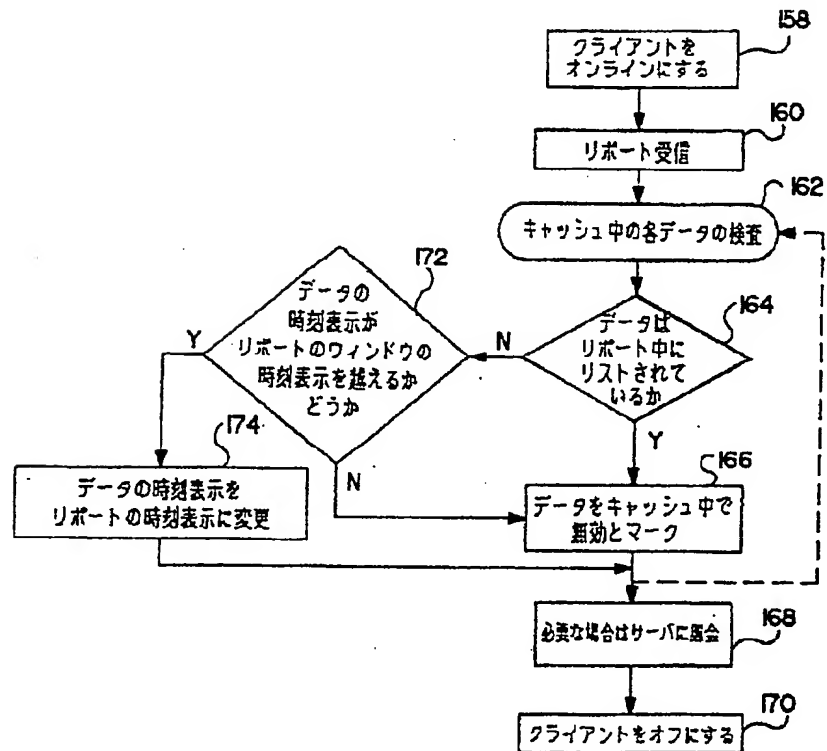
【図4】



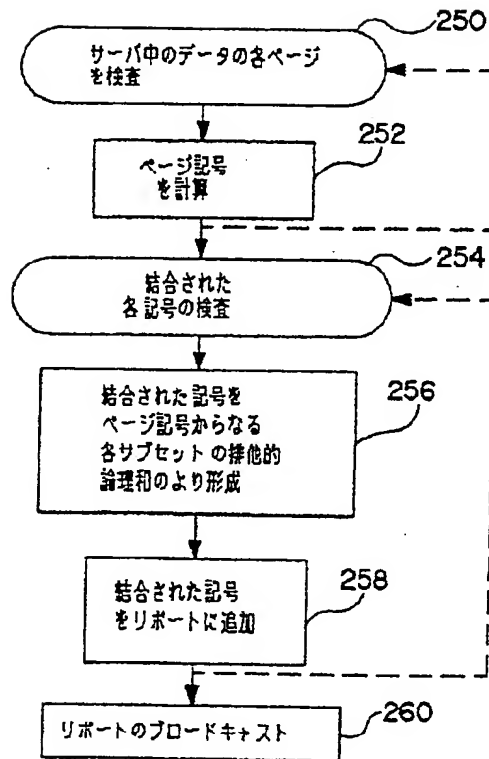
【図5】



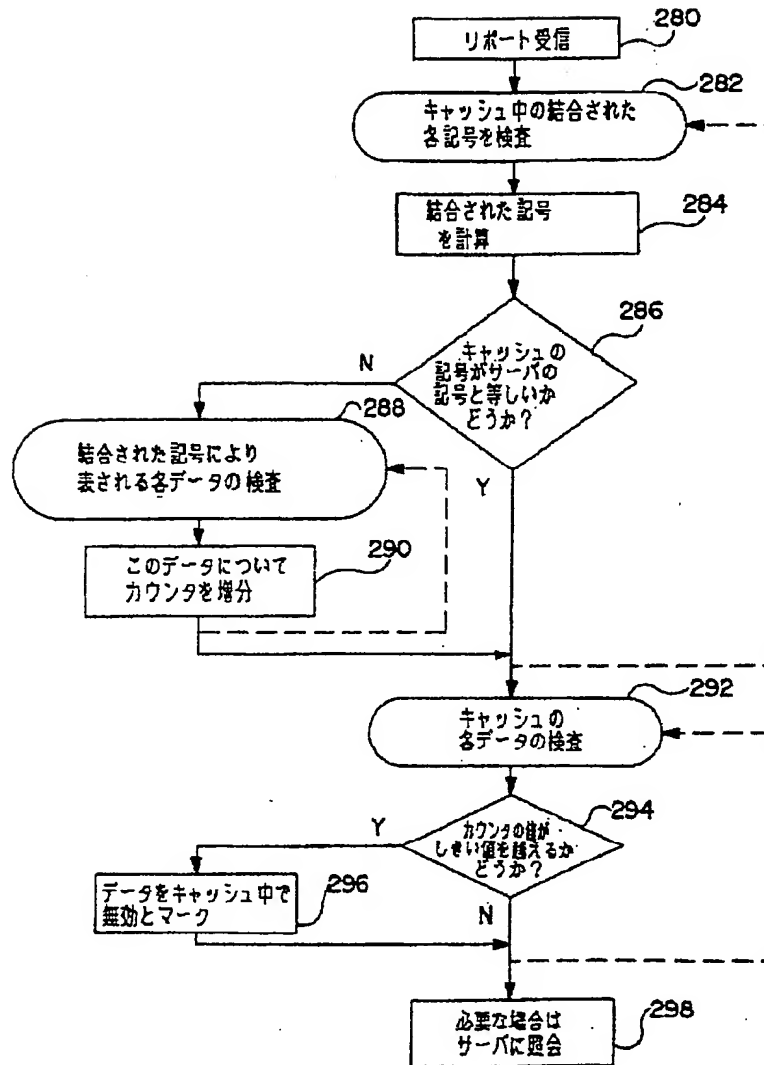
【図6】



【図7】



【図8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.